

## 2010施耐德電機盃節能競賽活動 -空調節能系統-

# 非侵入式ZigBee無線 空調節能控制系統

# 內容大綱

- ❖ 非侵入式、無線、ZigBee介紹
- ❖ 目標市場
- ❖ 自行開發－無線節能控制電路板
- ❖ 系統架構、控制策略
- ❖ 效益測試
- ❖ 系統效果與節能效益
- ❖ 總結系統 - 應用特點

# 非侵入式？無線？ ZigBee ？

## ❖ 直動控調設備死角。室內空調機。

非侵入式

無線傳輸

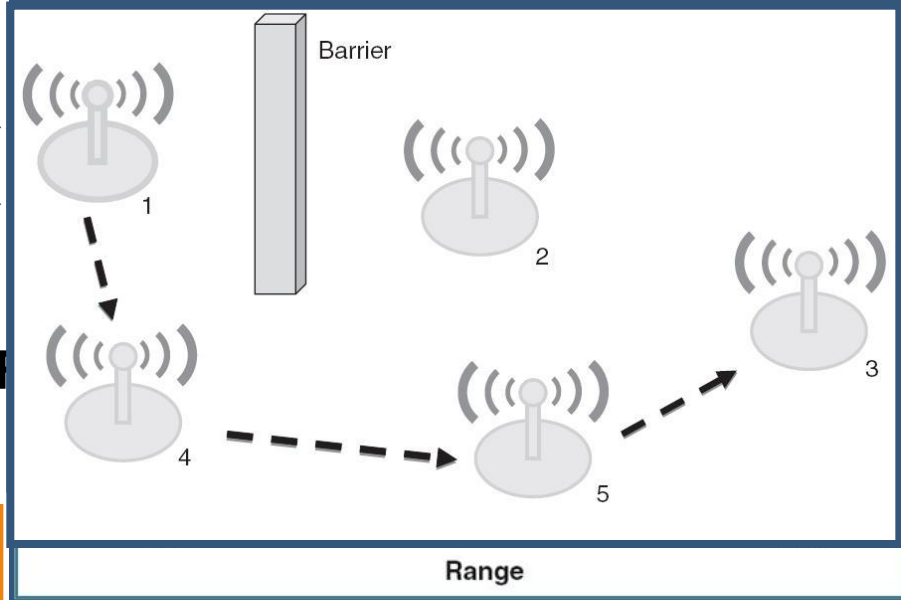
ZigBee

- ❖ 適用於任何空間
- ❖ 通用於新舊建築
- ❖ 節省佈線
- ❖ 關鍵佈點
- ❖ 低功耗
- ❖ 高可靠

- ❖ 低功耗性：父子節點階級明確。
- ❖ 高可靠性：點對點、網狀網路。
- ❖ 全球標準：2.4GHz通用頻率。
- ❖ 針對“感測”的通訊協定。

❖ 2008年ASHRAE

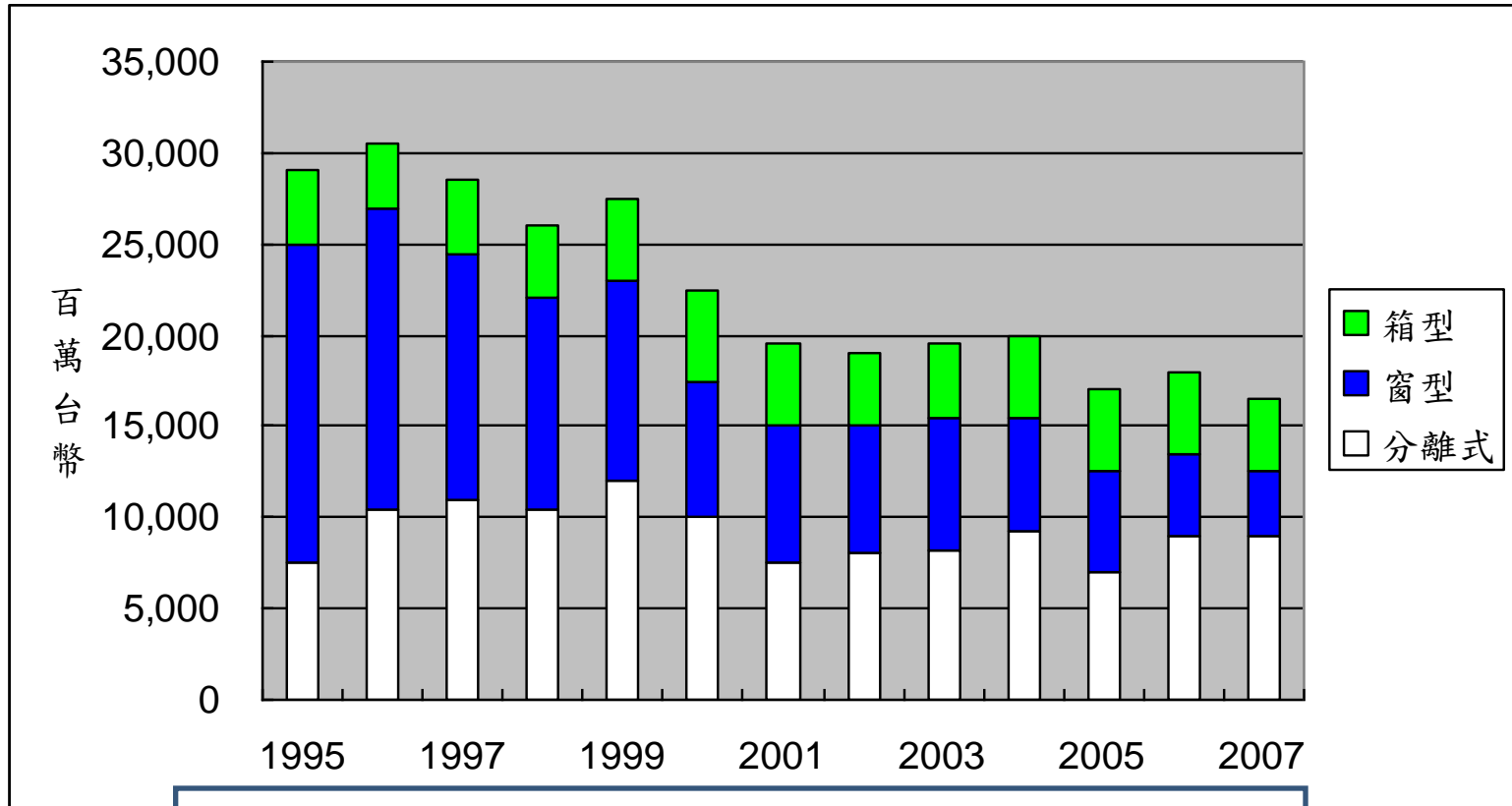
❖ 迎向網路化、中央控制的未來趨勢。



- ❖ American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
- ❖ Building Automation Control network

# 目標市場 – 室內空調機

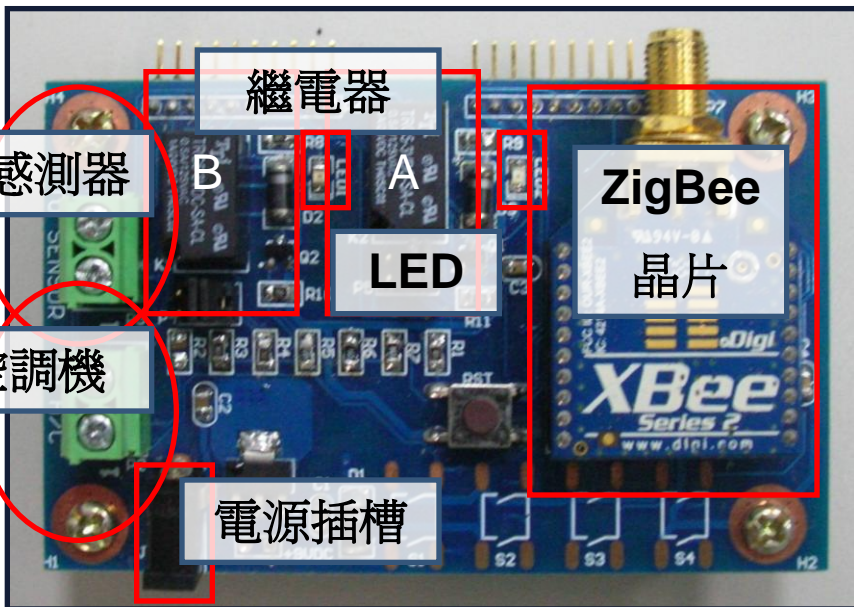
❖ 每年將近百萬台，約**150**億產值，都屬於本研究的目標市場。



國內1995年~2007年家用／小型商用空調機產值統計

資料來源：工研院產業經濟與趨勢研究中心

# 無線節能控制電路板



連接至感測器

繼電器

ZigBee  
晶片

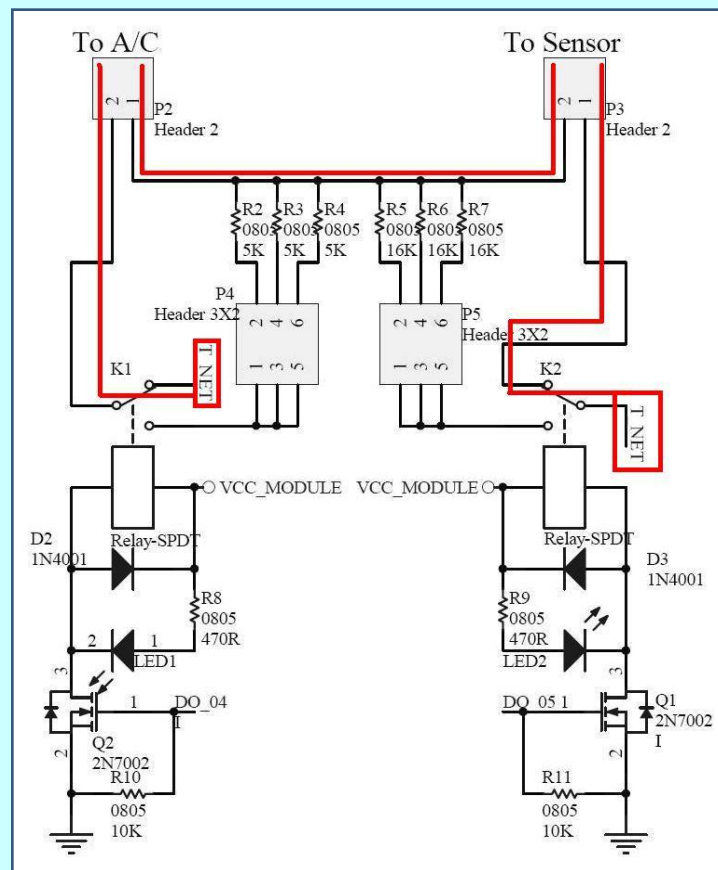
LED

連接空調機

電源插槽

- 2.4GHz通信頻率。
- 40m室內通信範圍。
- 供電方式：5~9V  
(電池、電源線、USB接線)
- 非侵入式：截取回風感測器。
- 狀態指示：紅燈、綠燈。

## 控制板旁通線路





# 無線節能控制電路板 + 無線 + ZigBee

❖ 室調空調感劃分疆域分佈對需求、提升舒適度。

— 舒適度差

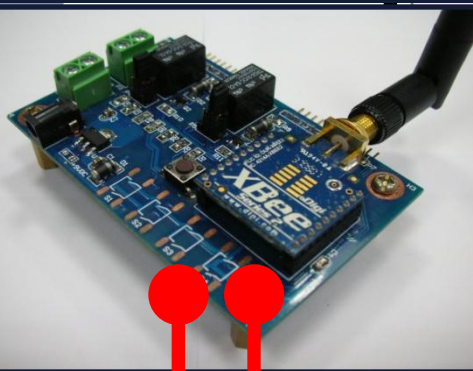


乙太網路

ZigBee Gateway



無線節能控制電路板



ZigBee Sensor



— ZigBee —

❖ 父節點—協調器：處理訊息資料、收發指令。

— 乙太網路

❖ 子節點—感測器：傳送環境溫度值。

— 2.4GHz

— 無線網域 —

❖ 關鍵佈點、加權平均：掌握人員需求區域。

❖ 無線節能控制電路板 + 空調機：針對需求運轉。

# 系統控制策略

## 無線網域

關鍵佈點、加權平均，掌握人員需求區域。

## 即時監視介面

感測器溫度值、平均溫度值、壓縮機狀態、儲存資料。

## 控制策略

環境溫度  $< 25^{\circ}\text{C}$

對空調機發出壓縮機停機命令。

$25^{\circ}\text{C} < \text{環境溫度} < 28^{\circ}\text{C}$

維持前一個動作命令。

環境溫度  $> 28^{\circ}\text{C}$

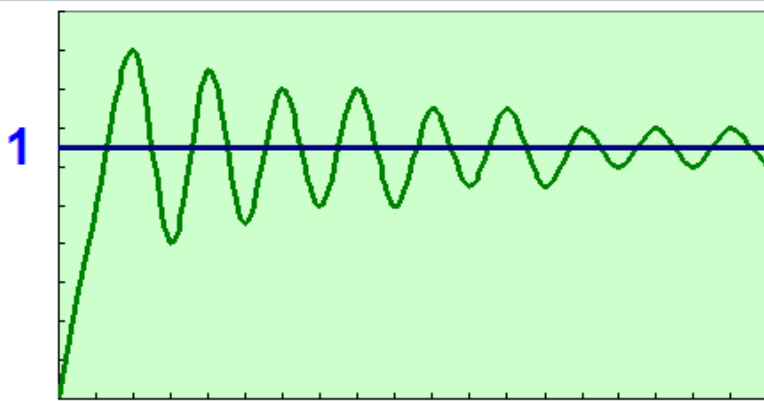
對空調機發出壓縮機啟動命令。

## 控制邏輯

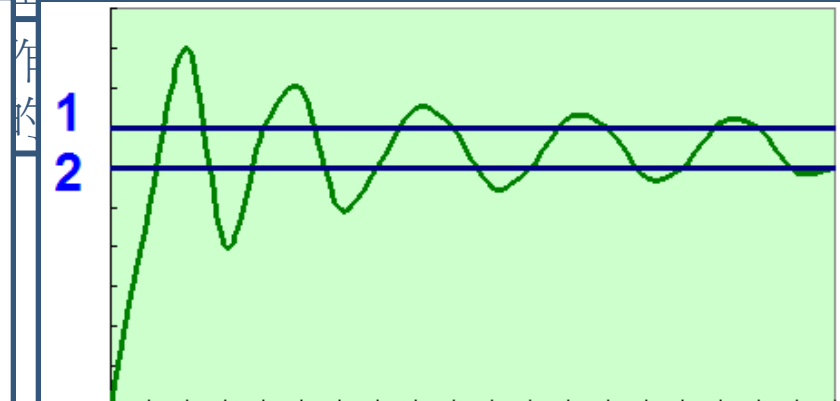
### Two-Position

以  $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$  作為控制點上下限，控制空調壓縮機啓停動作。

比 One-Position 控制方式更穩定、省能。



一般控制邏輯：1 position On-Off



系統控制邏輯：2 position On-Off

# 系統控制策略 – 監視介面

自動儲存資料進入EXCEL檔

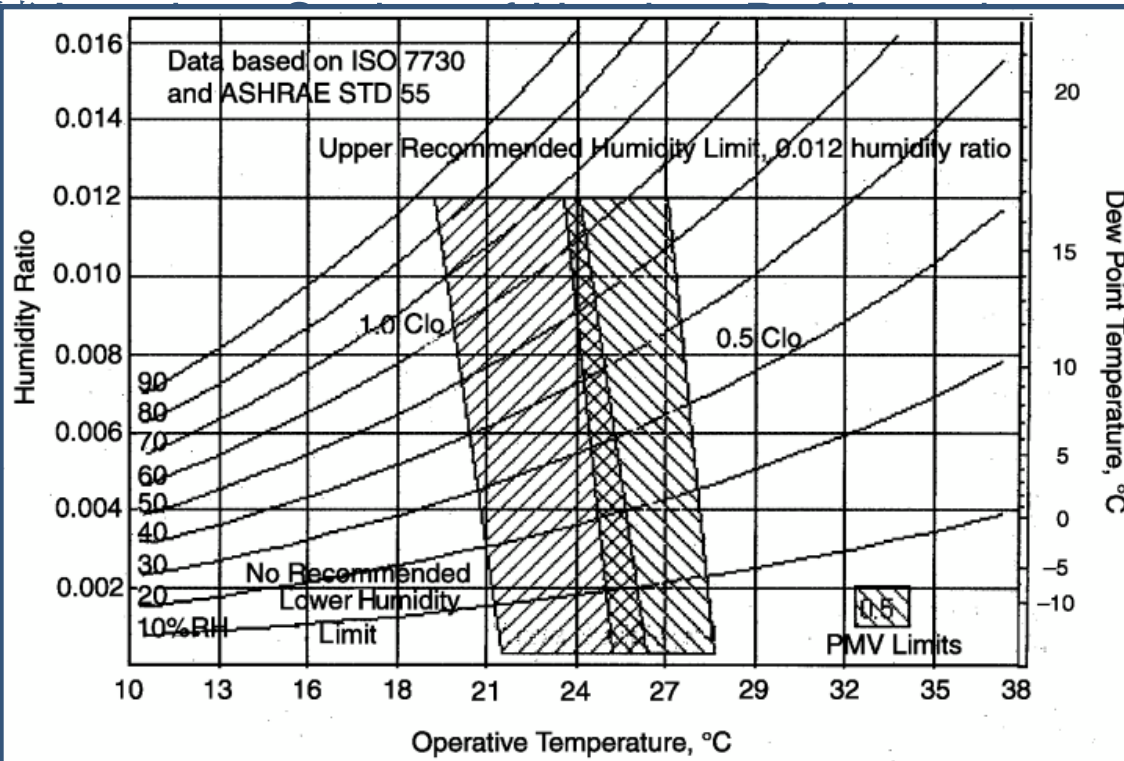


❖ 利用Visual Basic撰寫出監視介面，收集網路資料並顯示之。



# 舒適度控制標準

❖ 依  
Clo



and Air-  
D

Clothing	Description	clo
Trousers	11) Ankle-length skirt, long-sleeve shirt, suit jacket	1.10
	12) Walking shorts, short-sleeve shirt	0.36
Overalls/Coveralls	13) Long-sleeve coveralls, T-shirt	0.72
	14) Overalls, long-sleeve shirt, T-shirt	0.89
	15) Insulated coveralls, long-sleeve thermal underwear tops and bottoms	1.37
Athletic	16) Sweat pants, long-sleeve sweatshirt	0.74
Sleepwear	17) Long-sleeve pajama tops, long pajama trousers, short 3/4 length robe	0.96

# 系統效益測試 – 實驗目標



- 目標空間：某會議室。
- 空間規格：長5.96m ×寬4.55m ×高3.60m。(8.2坪)
- 所需冷凍能力： $8.2 \times 450\text{kcal/h} = 3691\text{kcal/h}$ 。

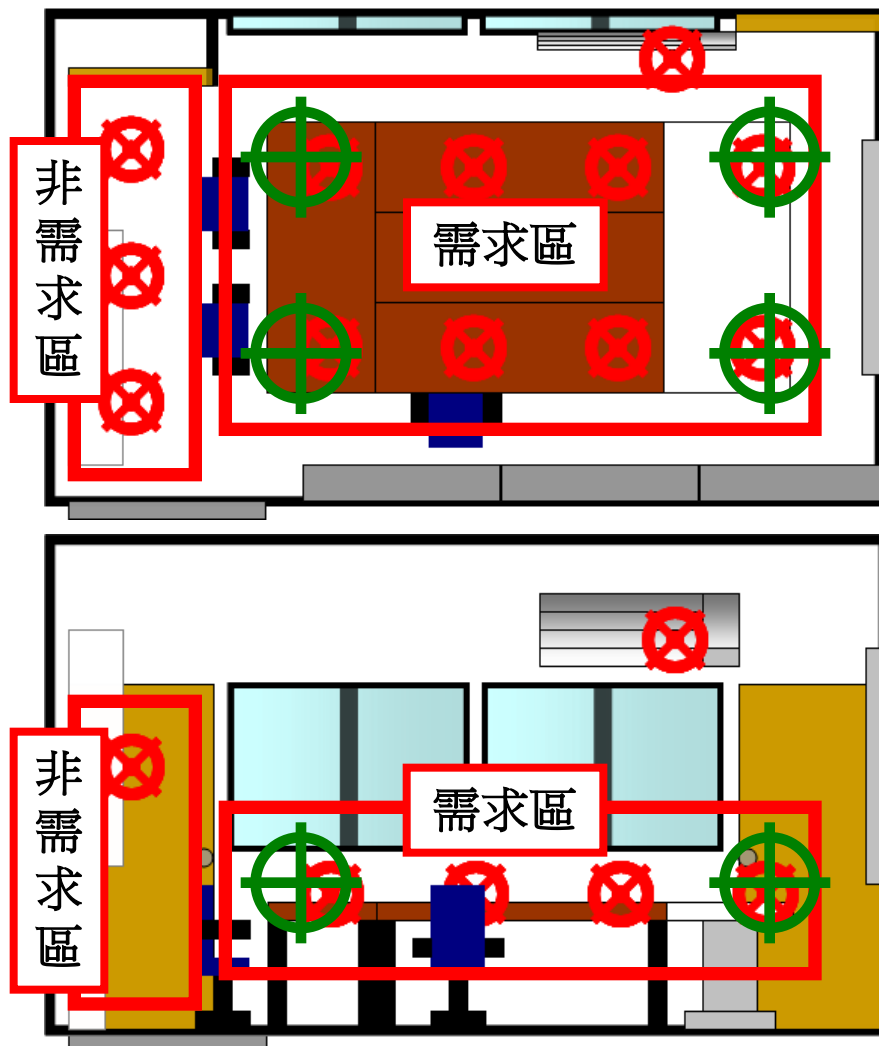
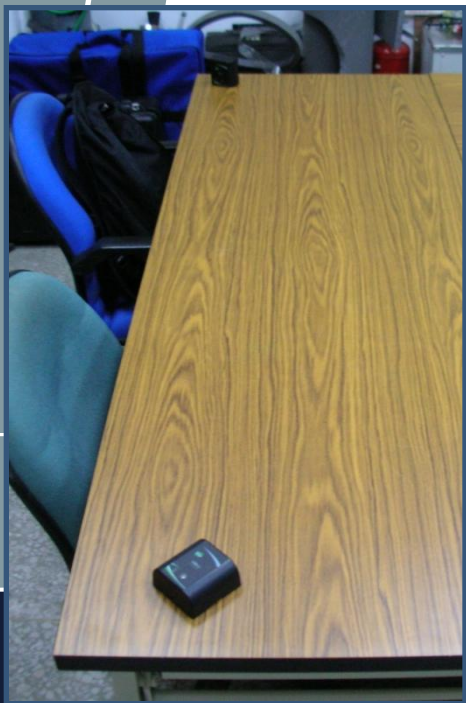


- 目標空調機：分離式空調。
- 冷凍能力：2486 kcal/h。(5.5坪)
- 額定消耗電功率：  
室外機：1065W。  
室內機：38W。

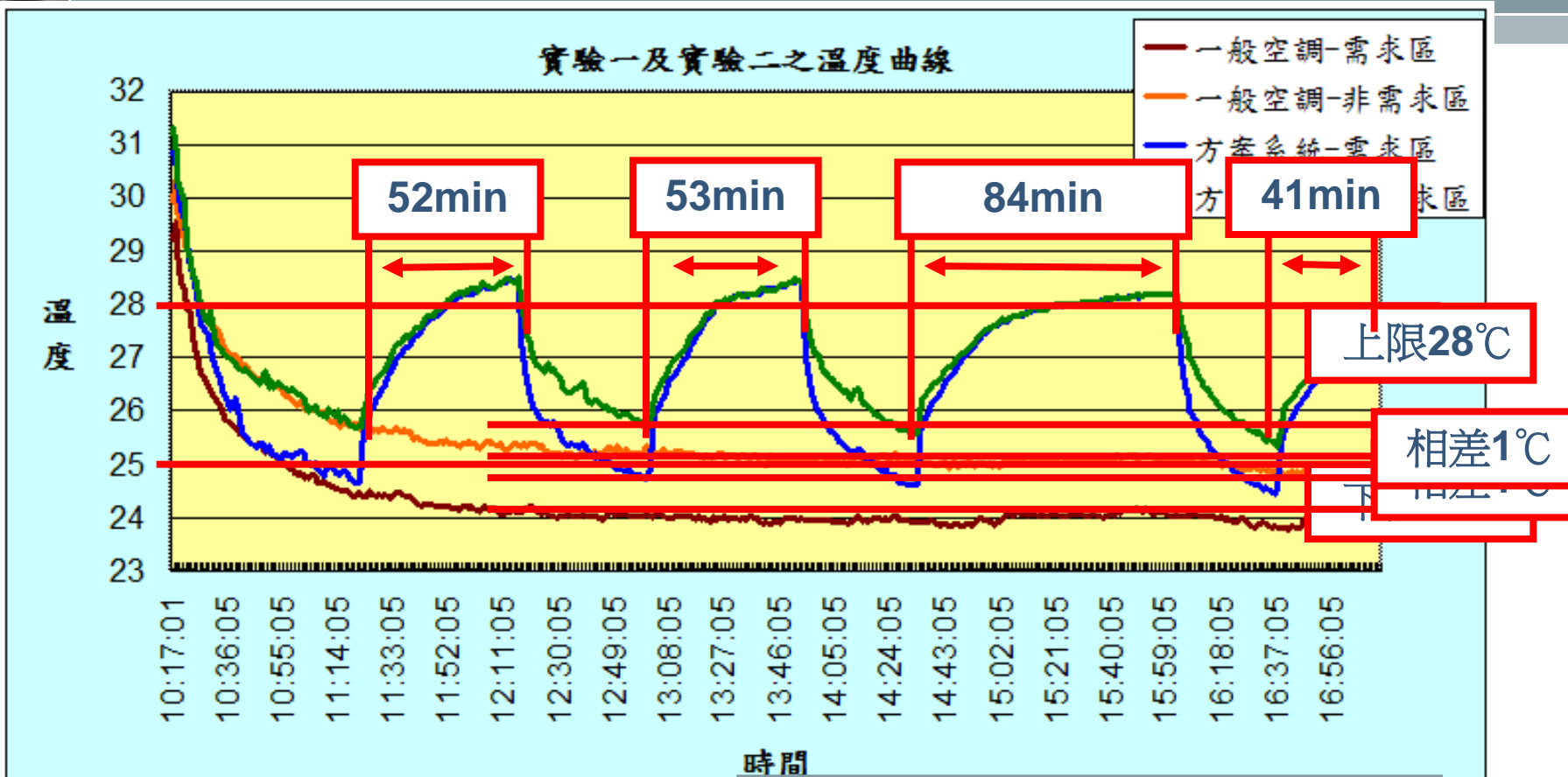
# 系統效益測試 - 佈點位置

## 關鍵佈點 → 區域化

⊗ : 儀器測量溫度點(與標準溫度計誤差約1%。)



# 測試實驗一、二 - 壓縮機啓停控制



## -實驗一-

8.2坪空間，5.5坪空調機(設定26°C)

- 舒適度：過冷。
- 分區效果：差。
- 停機時間：6.92hr內沒停過。

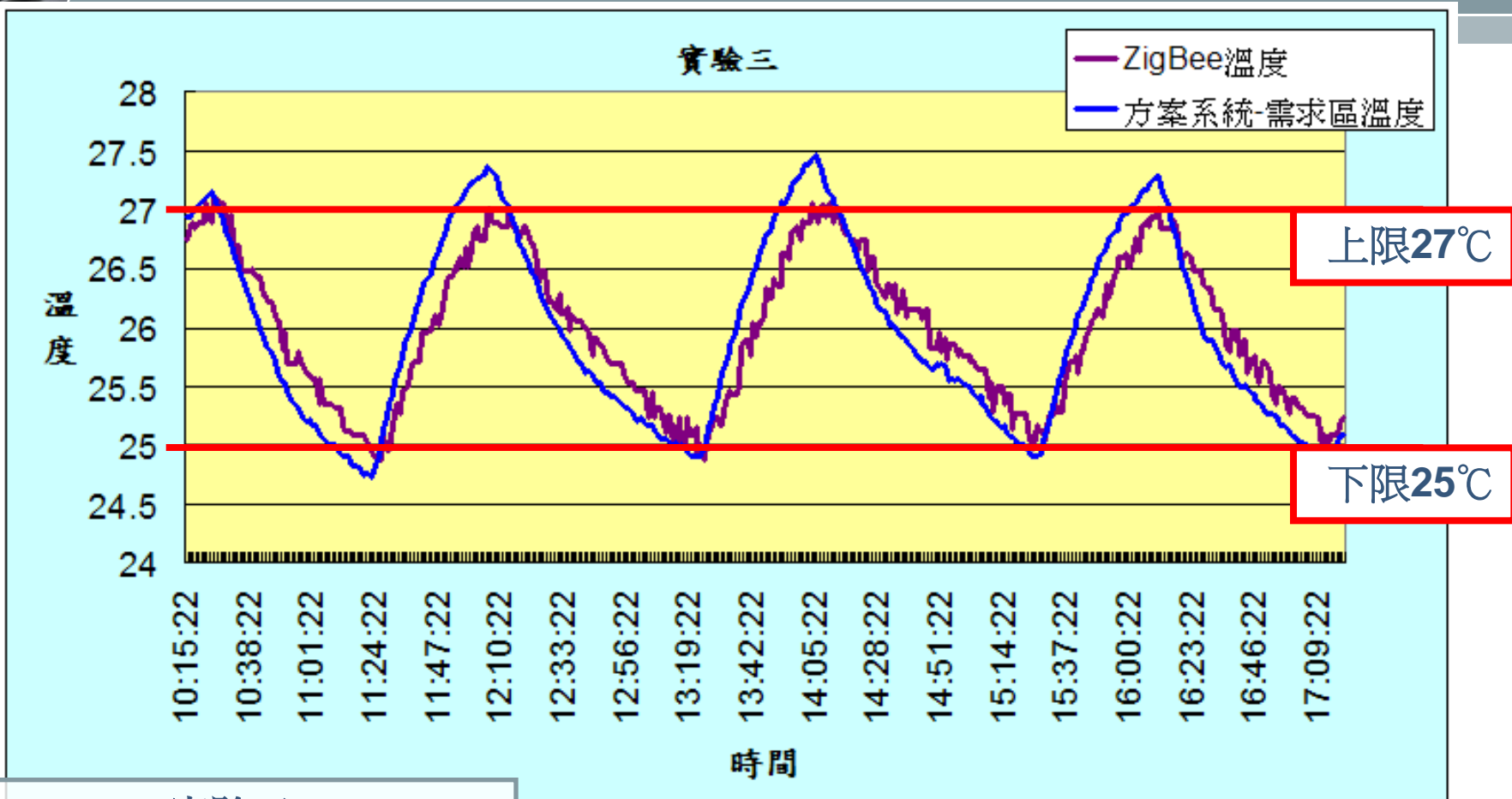
## -實驗二-

2坪空間，5.5坪空調機

- 舒適度：適中。
- 分區效果：良好。
- 停機時間：6.92hr內有3.83hr。



# 測試實驗三 - 舒適度調整



## -實驗三-

- 2坪空間， 5.5坪空調機
- 舒適度：良好。
- 精準度：溫差小於0.5°C。

溫度	ZigBee溫度	誤差百分比	溫差
27.45°C	27.02°C	1.639%	0.43°C
25.68°C	25.95°C	1.051%	0.27°C
24.89°C	24.96°C	0.281%	0.07°C



## 針對需求控制→舒適度提升

### ❖ 根據實驗一及實驗二：

- ✓ 針對區域：全空間8坪 → 會議桌周圍**2坪**
- ✓ 處理空間所需冷凍能力：3691kcal/h → **900 kcal/h**
  - 2坪 × 450kcal/h = 900kcal/h
- ✓ 處理空間後剩餘冷凍能力：無 → **1586 kcal/h**
  - 空調機額定能力2486 kcal/h - 900kcal/h = 1586kcal/h
- ✓ 冷凍能力可容納人員數：無 → **10人**
  - 1586 kcal/h ÷ 150kcal/h = 10人

### ❖ 根據實驗三：

- ✓ 舒適情況：過冷 → 適中 → **良好**
- ✓ 控制精準：**良好**
- ✓ **噸數小的空調機也能供應大空間的需求。**

## 非侵入式無線控制 → 省能

### ❖ 根據實驗一及實驗二：

✓ 壓縮機停機時數：0分鐘 → **約227分鐘**

✓ 耗電量：8.06kWh → **3.80kWh**

□  $1165 \times 6.92\text{hr} = 8.06\text{kWh}$

□  $1165 \times 3.14\text{hr}(\text{啓動}) + 38 \times 3.78\text{hr}(\text{停機}) = 3.80\text{kWh}$

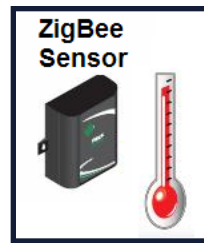
✓ 耗電量差額：8.06kWh – 3.80kWh = **4.26 kWh(節省53%)**

□  $8.06\text{kWh} - 3.80\text{kWh} = 4.26 \text{ kWh}$

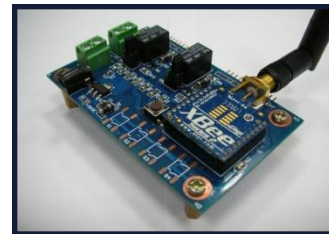
### ❖ 設備成本：



+



+



= NT\$6360

### ❖ 回收年限：**14個月** (以夏季條件為主)

□  $\text{NT\$}6360 \div \text{NT\$}15.41$  (一天節省費用)

# 總結 - 系統特點

## 集中管理

- ❖ 資料網路化
- ❖ 整合各個空調機

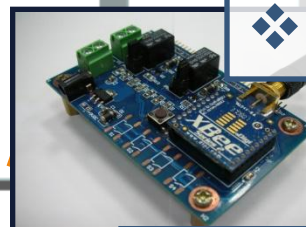
## 非侵入式

- ❖ 適用任何空調機
- ❖ 適用於新舊建築

## 無線佈點

- ❖ 免除複雜接線
- ❖ 佈線零成本

ZigBee Gateway



## 劃分區域

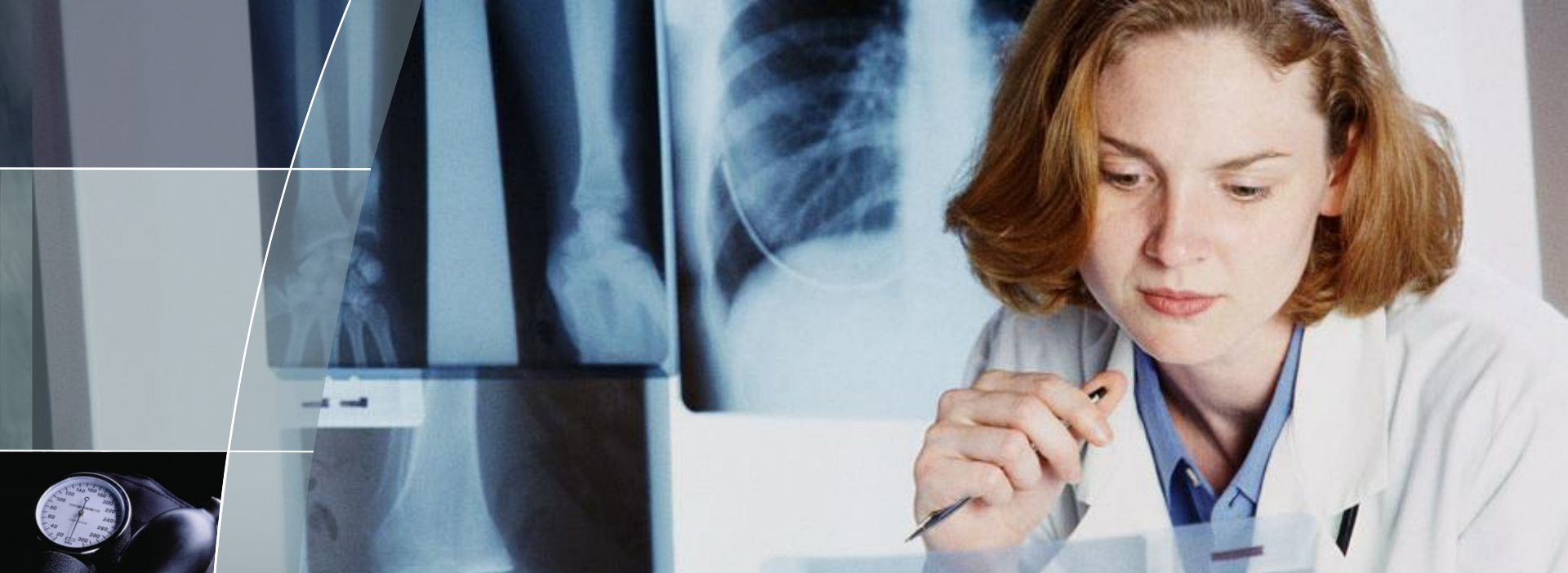
- ❖ 關鍵佈點
- ❖ 針對需求

ZigBee Sensor



## 舒適省能

- ❖ 雙點控制舒適度
- ❖ 省能省錢



**Thank you for your attention!**